

PERANCANGAN USULAN ALAT BANTU PELINDUNG UNTUK MENGURANGI POTENSI RISIKO K3 PADA MESIN UJI *SHEARING* LABORATORIUM OTOMOTIF BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK (B4T) BANDUNG MENGGUNAKAN PENDEKATAN PERANCANGAN PRODUK RASIONAL

Deandra Nobela Yahya¹, Heriyono Lalu,S.T., M.T.², Ir.Marina Yustiana Lubis, M.Si.³

¹Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

^{2,3}Prodi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹deandranobela@telkomuniversity.ac.id, ²heriyonolalu@telkomuniveristy.co.id,

³marinayustianalubis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

K3 merupakan kegiatan untuk menjamin dan melindungi pekerja dari penyakit akibat kerja. Pada saat ini B4T telah menerapkan sistem K3. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan menyediakan alat pemadam api, kotak P3K, dan dokumen-dokumen terkait salah satu contohnya adalah dokumen Prosedur Mutu dan K3L Identifikasi Bahaya. Laboratorium otomotif merupakan salah satu fasilitas pengujian di B4T. Di laboratorium otomotif proses pengujiannya menggunakan mesin uji. Berdasarkan hasil dari identifikasi risiko, beberapa mesin uji memiliki risiko dengan nilai sedang. Langkah untuk mengurangi risiko adalah dengan pengendalian risiko. Pada mesin *shearing* terdapat risiko serpihan *velg* dapat terlempar dan mengenai operator, pengendalian risikonya adalah dengan penggunaan APD, mengetahui prosedur, dan melakukan rekayasa *engineering*. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan alat bantu pelindung terhadap risiko bahaya tersebut, agar dapat menurunkan nilai risikonya dan aman bagi operator. Metode perancangan yang digunakan adalah metode perancangan rasional. Hasil dari perancangan usulan alat bantu tersebut adalah operator aman dari risiko terlemparnya serpihan *velg* pada saat proses pengujian dengan mesin *shearing*, menurunkan tingkat risiko, dan memungkinkan diterapkan pada stasiun kerja pengujian menggunakan mesin *shearing*.

Kata kunci: Risiko, Perancangan, Aman, K3

Abstract

OHS is an activity to guarantee and protect workers from occupational diseases. Currently, B4T has implemented an OHS system. This can also be proven by providing fire extinguishers, first aid kits, and related documents. One example is the Hazard Identification Quality and K3L Procedure document. The automotive laboratory is one of the testing facilities at B4T. In the automotive laboratory, the testing process uses a testing machine, the results of risk identification, some testing machines have a moderate risk. The step to reduce risk is risk control. In the shearing machine, there is a hazard that wheel flakes can be thrown and hit the operator, controlling the risk is by using APD, knowing procedures, and doing engineering. In this research, the design of machine guarding is carried out in order to reduce the risk value and be safe for the operator.

Keywords: Risk, design, hazard, safety

1. Pendahuluan

Menurut Peraturan Pemerintah No.50 tahun 2012 pasal 1 poin 2, Keselamatan dan Kesehatan Kerja atau disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dan penyakit akibat kerja. Hal ini wajib diperhatikan oleh perusahaan untuk melindungi dan menjamin para pekerjanya dari segala macam bahaya yang ditimbulkan dari lingkungan kerja yang dapat berdampak pada kesehatan. Perusahaan wajib menerapkan SMK3 berdasarkan Peraturan Pemerintah Indonesia No.50 Tahun 2012, perusahaan diharapkan dapat mencegah dan mengurangi risiko kecelakaan kerja.

B4T merupakan unit pelaksana teknis di lingkungan Kementerian Perindustrian yang berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Industri (BPPI). Terdapat beberapa laboratorium sebagai fasilitas untuk melakukan pengujian dan penelitian terhadap barang. Salah satunya adalah laboratorium otomotif, yang merupakan salah satu laboratorium pelayanan untuk pengujian barang otomotif, antara lain adalah pengujian ban dan *velg* kendaraan bermotor jenis sepeda motor, kendaraan penumpang, bus atau truk, dan truk ringan. Industri otomotif banyak diminati oleh negara-negara maju dan berkembang untuk dijadikan sektor utama industrialisasi, dari hal tersebut menimbulkan persaingan yang ketat antar industri, sehingga banyak negara-negara yang menetapkan standar mutu keamanan, keselamatan, dan keandalan pada produk. Dalam proses pengujian sampel uji di laboratorium otomotif, terdapat proses pengujian yang dilakukan dengan menggunakan bantuan mesin. terdapat *hazard* yang dapat terjadi selama proses pengujian berlangsung, hal ini dapat membahayakan operator yang sedang melakukan pengujian sampel. Selain berbahaya bagi operator, *hazard* dapat juga mempengaruhi proses untuk mencapai tujuan. Salah satu mesin uji yang mempunyai nilai risiko sedang adalah mesin uji *shearing*. Mesin *shearing* merupakan mesin yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan las pada *velg*. Berpedoman pada dokumen terkait, nilai risiko sedang harus dilakukan tindakan untuk menurunkan tingkat risiko.

Tabel 1. *Hazard*, Potensial Risiko, dan *Treatment* Pengendalian Risiko pada Mesin *Shearing*

Mesin	<i>Hazard</i> (Bahaya)	Risiko K3		<i>Treatment</i>
		Kejadian Risiko	Dampak Risiko	
Mesin <i>Shearing</i>	Mesin tanpa dilengkapi dengan pelindung	Tertimpa benda uji (R-01)	Cedera, anggota badan tertimpa benda uji dari atas	Penggunaan APD yang sesuai dan mengetahui prosedur pengujian dengan aman
		<i>Velg</i> rusak hingga terlepas sambungan atau serpihan <i>velg</i> terlempar (R-02)	Anggota tubuh penguji terkena pecahan <i>velg</i> yang dapat mengakibatkan cedera	Mengetahui prosedur keselamatan dalam pengujian dan melakukan rekayasa <i>engineering</i>
		Terjepit ulir hidrolik (R-03)	Jari-jari tangan dapat terjepit ulir hidrolik yang mengakibatkan cedera, bahkan dapat mengakibatkan patah	Melakukan prosedur keselamatan dalam pengujian

Terdapat tiga risiko yang tergolong sedang berpedoman pada hasil resume pada identifikasi bahaya. Salah satunya merupakan risiko serpihan *velg* dapat terlempar, hal ini dapat mengakibatkan dampak anggota tubuh penguji terkena pecahan *velg* kepada operator atau penguji. Berdasarkan bahaya tersebut, *treatment* nya adalah dengan mengetahui prosedur keselamatan dalam pengujian dan melakukan rekayasa *engineering*.

Oleh karena itu, tujuan diadakannya penelitian ini adalah memberikan rancangan usulan alat bantu pelindung pada mesin uji *shearing* yang aman melindungi operator, dapat menurunkan tingkat risiko, dan kompatibel dengan kerja pengujian dan pada operator. Namun batasan penelitian ini hanya sebatas perancangan *treatment*, tidak sampai tahap implementasi, pengujian, dan tidak memperhitungkan biaya pembuatan usulan.

Pengumpulan data menggunakan data primer dan sekunder. Data yang dikumpulkan adalah data klarifikasi tujuan, tingkat kepentingan, dan data yang terkait dengan perhitungan perancangan. Data yang terkait dengan perhitungan perancangan yaitu: Tegangan *yield* bahan *velg* (σ), *Modulus elastisitas* bahan *velg* (E), Diameter *velg*, *Yield strength* pelindung ($\sigma_{\text{pelindung}}$), *Tensile Modulus* pelindung (E).

Tahapan pengolahan diawali dengan perhitungan perancangan digunakan untuk menghitung berapa energi yang dapat melemparkan serpihan *velg*, kecepatan terlemparnya pecahan *velg*, energi yang menabrak alat pelindung. Dari ketiga perhitungan tersebut, didapatkan hasil minimal ketebalan alat pelindung. Kemudian merancang dengan menggunakan metode perancangan produk rasional nigel cross. Dengan tahapan: (1)Klarifikasi Tujuan (2)Penetapan Fungsi (3)Menetapkan Kebutuhan Alat Bantu (4)Menetapkan Karakteristik Alat Bantu (5)*Generating Alternatives* (6)*Evaluating Alternatives*.

2. Dasar Teori

2.1. Kecelakaan Kerja

Menurut OHSAS 18001:2007, Kecelakaan adalah suatu insiden yang menyebabkan cedera, sakit penyakit, atau kematian. Jika hal tersebut terjadi saat melakukan pekerjaan, dapat digolongkan dalam kecelakaan kerja. (Gaspersz, 2013).

Kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang berhubungan dengan kerja termasuk penyakit yang timbul karena hubungan kerja. Selain itu kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan dan berangkat dari rumah menuju tempat kerja atau sebaliknya termasuk ke dalam kategori kecelakaan kerja (Hadipoetro, 2014).

2.2. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

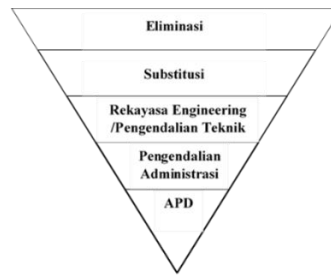
Menurut Peraturan Pemerintah No.50 Tahun 2012, K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.

Kesehatan dan keselamatan kerja atau sering dikenal K3 adalah kondisi dan faktor-faktor yang mempengaruhi, atau dapat mempengaruhi, kesehatan dan keselamatan karyawan atau pekerja lainnya (termasuk pekerja sementara dan personel kontraktor), pengunjung, atau orang lain dalam tempat kerja (Gaspersz, 2013).

2.3. Risiko

Menurut ISO 31000:2018, risiko adalah efek ketidakpastian pada tujuan. Efek adalah penyimpangan dari yang diharapkan. Ini bisa positif, negatif atau keduanya, dan dapat mengatasi, menciptakan atau menghasilkan peluang dan ancaman.

2.4.Hierarki Pengendalian Risiko



Gambar 1. Hierarki Pengendalian Risiko Menurut ISO 45001:2018 Klausul 8.1.2

Berikut adalah hierarki pengendalian risiko berdasarkan ISO 45001:2018 klausul 8.1.2 (Palupi, 2019): :

- 1.Eliminasi
- 2.Substitusi
- 3.Rekayasa Teknik (*Engineering Control*)
- 4.Pengendalian Administratif
- 5.Alat Pelindung Diri (APD)

2.5.Energi

Menurut E.P.Popov (1993) energi didefinisikan sebagai kapasitas untuk melakukan kerja, dan kerja adalah hasil kali suatu gaya dengan jarak dalam arah gerak gaya. Dalam benda padat yang ber deformasi (berubah bentuk), tegangan yang dikalikan dengan luas yang bersangkutan adalah gaya, sedang deformasi adalah jarak.

2.6.Energi Regangan Elastis

Dalam E.P.Popov (1993) gaya yang bekerja pada permukaan kanan atau kiri dari elemen ini adalah $ax \, dy \, dz$, dengan $dy \, dz$ adalah luas kecil tak berhingga dari elemen tersebut. Disebabkan oleh gaya ini, elemen tersebut bertambah panjang sebesar $ex \, dx$ di mana ex adalah regangan dalam arah x . Bila elemen tersebut terbuat dari suatu bahan yang elastis linier, maka tegangan sebanding dengan regangan.. Gaya rata-rata yang bekerja pada elemen ketika terjadi deformasi adalah $ax \, dy \, dz/2$. Gaya rata-rata ini yang dikalikan dengan jarak yang ditempuh selama bekerja merupakan kerja yang dilakukan pada elemen tersebut. Untuk benda yang elastis sempurna tidak ada energi yang hilang, sedang kerja yang dilakukan pada elemen disimpan sebagai energi regangan dalam yang dapat dipulihkan. Jadi, energi regangan elastis dalam U untuk sebuah elemen tidak berhingga kecil yang mengalami tegangan sumbu tunggal (*uniaksial*) adalah

$$dU = \underbrace{\frac{1}{2} \sigma_x \, dy \, dz}_{\text{gaya rata-rata}} \times \underbrace{\epsilon_x \, dx}_{\text{jarak}} = \frac{1}{2} \sigma_x \epsilon_x \, dx \, dy \, dz = \frac{1}{2} \sigma_x \epsilon_x \, dV$$

kerja

$$U = \int_{\text{vol}} \frac{\sigma_x^2}{2E} \, dV$$

2.7. Hukum Kekekalan Energi

Hukum kekekalan energi adalah total energi dari suatu sistem dapat berubah hanya dengan jumlah energi yang ditransfer ke atau dari sistem. (Halliday, Resnick, & Walker, 2011). Dengan kata lain, jumlah total energi pada sistem bersifat kekal alias tetap. Energi tidak pernah hilang, tetapi hanya dapat berubah bentuk dari satu bentuk energi menjadi bentuk energi lain.

2.8. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Menurut Kresnoadi (2018) gerak lurus berubah beraturan adalah gerak suatu benda pada lintasan lurus yang mempunyai percepatan tetap. Artinya, kecepatan gerakan benda ini berubah (bisa bertambah cepat atau bertambah lambat), tapi secara teratur.

Rumus:

$$S = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

$$V_t^2 = V_0^2 + 2as$$

Keterangan:

a = Percepatan benda (m/s^2)

t = Waktu yang diperlukan (s)

S = Jarak benda (m)

V_0 = Kecepatan awal benda (m/s)

V_t = Kecepatan saat waktu tertentu (m/s)

2.9.Perancangan Rasional

Pada penelitian ini menggunakan tahapan-tahapan perancangan produk rasional dalam merancang alat pelindung agar menghasilkan hasil sesuai tujuan yang diinginkan. Menurut Nigel Cross, tahapan-tahapan perancangan rasional (Nurlita, 2019) , sebagai berikut: 1.Klarifikasi Tujuan, 2.Penetapan Fungsi, 3.Menyusun Kebutuhan, 4.Penentuan Karakteristik,5.Penentuan Alternatif, 6.Evaluasi Alternatif

3. Pembahasan

3.1. Perhitungan Perancangan

1. Energi Potensial Elastis yang Dapat Melemparkan Pecahan *Velg*

Konsep energi yang dapat melemparkan pecahan *velg* adalah diambil dari konsep energi potensial elastis bahan yang diuji. Dengan Persamaan: $W = \frac{1}{2} \sigma \cdot \epsilon \cdot V$ karena $\epsilon = \sigma / E$

Rumusnya menjadi, $W = \frac{1}{2} (\sigma^2 / E) \cdot V$

Velg yang diuji adalah baja dengan, tegangan *yield* bahan *velg* (σ) adalah 621 MPa.

Modulus elastisitas bahan *velg* (E) adalah 207 GPa. Dimensi *velg* didapat dari SNI 1896:2008 bahwa diameter *velg* (D) adalah 14,5 inchi (354,8 mm) dengan lebar (L) 17 cm.

Sehingga, volume *velg* (v) = $(\pi/4) D^2 L$.

$$V = (3,14/4) (35,48 \text{ cm})^2 (17 \text{ cm})$$

$$= 16.799. \text{ cm}^3 = 16,8. 10^{-3} \text{ m}^3$$

Besar energi potensial elastis yang memungkinkan bisa melontarkan serpihan material *velg*:

$$W = \frac{1}{2} (\sigma^2 / E) \cdot V$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(621 \cdot 10^6 \text{ Pa})^2}{(207 \cdot 10^9 \text{ Pa})} (16,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$= 15.649 \text{ Joule}$$

2. Kecepatan Terlemparnya Pecahan *Velg*

Kecepatan pecahan *velg* dihitung dari energi potensial elastis yang diubah menjadi energi kinetik.

Energi kinetik dengan rumus $W = \frac{1}{2} m \cdot v^2$. Sehingga, $W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 15.649 \text{ Joule}$

Asumsi dilakukan, karena pada data lapangan tidak ada data volume pecahan *velg*. Dengan massa jenis baja (ρ) yang merupakan bahan *velg* 7,8 g/cm³.

a. Asumsi volume pecahan *velg* adalah sebesar 5cm x 5cm x 5 cm yaitu 125 cm³.

$$\text{Massa serpihan (m)} = (125 \text{ cm}^3) (7,8 \text{ g/cm}^3) = 975 \text{ g} = 0,975 \text{ kg}$$

Karena,

$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 15.649 \text{ Joule}$$

$$= \frac{1}{2} (0,975 \text{ kg}) v^2 = 15.649 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v = 179,16 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan terlemparnya pecahan *velg* (v) adalah sebesar 179,16 m/s.

b. Asumsi volume pecahan *velg* adalah sebesar 5cm x 3cm x 1cm yaitu 15 cm³.

Menggunakan cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan bahwa kecepatan terlemparnya pecahan *velg* (v) adalah sebesar 517,2 m/s.

c. Asumsi volume pecahan *velg* adalah sebesar 3cm x 3cm x 1cm yaitu 9 cm³.

Menggunakan cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan bahwa kecepatan terlemparnya pecahan *velg* (v) adalah sebesar 667,7 m/s.

3. Energi yang Mengenai Perisai

Dengan estimasi jarak perisai dirancang adalah sejauh 1 meter berdasarkan keadaan observasi di lapangan.

Menghitung waktu terlemparnya serpihan adalah dengan persamaan sebagai berikut:

$$X = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$X = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} \frac{V_0}{t} \cdot t^2$$

$$X = \frac{1}{2} V_0 \cdot t$$

Keterangan:

t = Waktu terlemparnya pecahan (s)

X = Posisi atau jarak pelindung (m)

V_0 = Kecepatan awal terlemparnya pecahan (m/s)

a. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 5cm x 5cm x 5cm

Dengan jarak perisai dirancang adalah sejauh 1 meter. Menghitung waktu terlemparnya serpihan adalah:

$$X = \frac{1}{2} V_0 \cdot t$$

$$1 = \frac{1}{2} (179,16 \text{ m/s}) \cdot t$$

$$t = 0,011163 \text{ s}$$

Jadi, gaya yang mengenai perisai yaitu:

$$F = m \cdot \frac{v}{t}$$

$$= 0,975 \text{ kg} \cdot \frac{179,16 \text{ m/s}}{0,011163 \text{ s}}$$

$$F = 15.647 \text{ N}$$

Energi untuk menabrak dinding perisai,

$$W = F \cdot S$$

$$= 15.647 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

$$W = 15.647 \text{ Joule}$$

b. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 5cm x 3cm x 1cm

Dengan jarak perisai dirancang adalah sejauh 1 meter. Menghitung waktu terlemparnya serpihan adalah dengan

cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan bahwa gaya yang mengenai perisai adalah sebesar 15.636 N dan energi untuk menabrak dinding pelindung adalah sebesar 15.636 Joule.

c. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 3cm x 3cm x 1cm

Dengan jarak perisai dirancang adalah sejauh 1 meter. Menghitung waktu terlemparnya serpihan adalah dengan cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan bahwa gaya yang mengenai perisai adalah sebesar 15.624 N dan energi untuk menabrak dinding pelindung adalah sebesar 15.624 Joule

4. Ketebalan Alat Pelindung

Dengan memperhatikan hukum kekekalan energi, berarti energi pecahan *velg* terlempar sama dengan energi yang mengenai dinding perisai.

Material alat pelindung menggunakan bahan *polycarbonate* dengan nilai *yield strength* ($\sigma_{pelindung}$) adalah sebesar 62,1 MPa (62,1. 10⁶ Pa). Dengan nilai *tensile modulus* adalah 2,38 GPa (2,38. 10⁹ Pa).

a. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 5cm x 5cm x 5cm

Wtabrakan = 15.647 Joule

Wtabrakan = Wdiserap pelindung

Wdiserap pelindung adalah

$$W = \frac{1}{2} S_b \cdot e V_b$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{S_{pelindung}^2}{E} \right) V_b$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{S_{pelindung}^2}{E} \right) V_b = 15.647 \text{ Joule}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(62,1 \cdot 10^6 \text{ Pa})^2}{(2,38 \cdot 10^9 \text{ Pa})} [(p)(l)(w)] = 15.647 \text{ Joule}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(62,1 \cdot 10^6 \text{ Pa})^2}{(2,38 \cdot 10^9 \text{ Pa})} [(1 \text{ m})(1,6 \text{ m})(w)] = 15.647 \text{ Joule}$$

w = 10,97. 10⁻³ m

w = 1,1 cm

Jadi ketebalan minimal bahan material untuk alat pelindung mesin uji *shearing* pada asumsi pecahan ukuran 5cm x 5cm x 5cm adalah 1,1 cm.

b. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 5cm x 3cm x 1cm, dengan cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan ketebalan minimal alat pelindung adalah 1,1 cm.

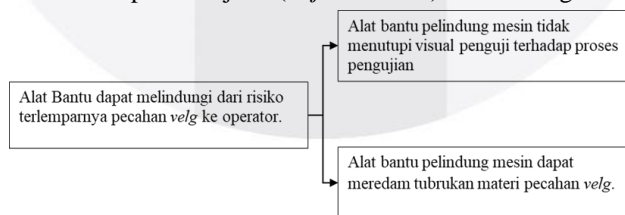
c. Pada asumsi pecahan *velg* ukuran 3cm x 3cm x 1cm, dengan cara dan rumus perhitungan yang sama dengan sebelumnya, didapatkan ketebalan minimal alat pelindung adalah 1,1 cm.

Dengan asumsi ukuran pecahan *velg* berbeda beda maka didapatkan ketebalan pelindungnya adalah minimal sebesar 1,1 cm. Untuk faktor keamanan ketebalan pelindung dibuat dua kali lipat menjadi 2,2 cm.

3.2. Perancangan Alat Bantu

1. Klarifikasi Tujuan

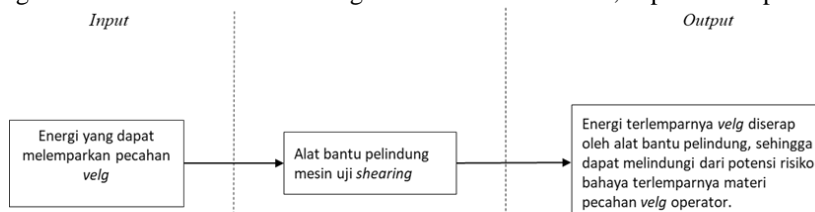
Pada tahap ini berfungsi memperjelas tujuan dari perancangan alat yang akan dirancang. Tujuan perancangan telah diidentifikasi dari data klarifikasi tujuan perancangan yang telah di validasi oleh pihak terkait. Dalam menentukan tujuan tersebut, menggunakan metode pohon tujuan (*objective tree*) untuk mengidentifikasi tujuan.



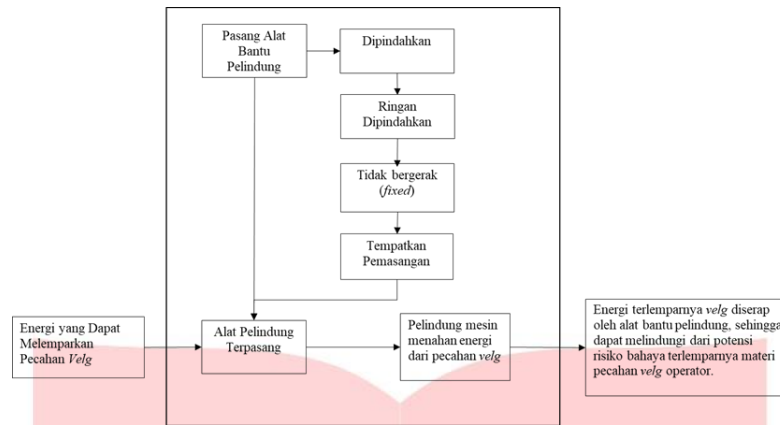
Gambar 2. Objective tree perancangan alat bantu

2. Penetapan Fungsi

Pada tahapan penetapan fungsi ini bertujuan untuk menentukan fungsi yang terdapat pada alat bantu pelindung. *Black box model* digunakan untuk menentukan fungsi serta batasan tersebut, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Black Box Perancangan



Gambar 4. Diagram Fungsi Alat Bantu

3. Menetapkan Kebutuhan Alat Bantu

Dari tujuan yang ditetapkan, kemudian akan dilanjutkan dengan mencari kriteria-kriteria apa saja yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan perancangan alat bantu yang akan dirancang tersebut. Berikut akan di jabarkan kriteria-kriteria dari setiap tujuan yang didapatkan.

Tabel 2. Penetapan Kriteria

Tujuan	Kriteria
Alat bantu pelindung dapat melindungi dari potensi risiko bahaya terlemparnya pecahan <i>velg</i> ke operator.	Alat bantu pelindung mesin tidak menutupi visual penguji terhadap proses pengujian
	Alat bantu pelindung mesin dapat meredam tubrukan materi pecahan <i>velg</i>

4. Menetapkan Karakteristik Alat Bantu

Tahap selanjutnya yaitu menerjemahkan kebutuhan *attribute* alat bantu menjadi karakteristik teknis yang dapat mempengaruhi, sehingga penulis dapat mengatur solusi *design* alat bantu yang dirancang.

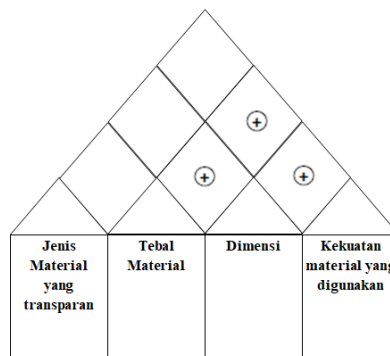
Tabel 3. Karakteristik Teknis

No.	Attribute	Karakteristik Teknis
1.	Material alat bantu tidak menutupi visual proses pengujian	Material transparan
2.	Terbuat dari material yang kuat	Tebal material
		Dimensi alat pelindung
		Kekuatan material yang digunakan

Tabel 4. Hubungan Keterkaitan Antar Tiap Attribute dengan Karakteristik Teknis

Karakteristik Teknis	Jenis material yang transparan	Tebal material	Dimensi	Kekuatan material yang digunakan
Attribute				
Design atau material alat bantu tidak menutupi visual proses pengujian	•			
Alat bantu pelindung mesin meredam tubrukan materi pecahan <i>velg</i>		•	•	•

Keterangan: tanda (•) menunjukkan hubungan yang kuat antar matriks.



Gambar 5. Hubungan Antar Karakteristik Teknis

Keterangan: tanda ⊕ menunjukkan hubungan yang kuat antar dan nilai yang berbanding lurus.

Tabel 5. Nilai Target Karakteristik Teknis

No.	Karakteristik Teknis	Target	Satuan
1	Jenis material transparan	Ya	Binary
2	Tebal Material	2,2	cm
3	Dimensi body utama (panjang x tinggi x ketebalan)	160 x 100 x 2,2	cm
4	Kekuatan material yang digunakan	Ya (Polycarbonate)	Binary

5. Generating Alternatives

Generating Alternatives digunakan dalam melakukan suatu proses perancangan yang berguna membangkitkan alternatif yang dapat mencapai solusi permasalahan.

Tabel 6. Fitur atau Fungsi Dasar Alat bantu

No.	Fitur/Fungsi	Sub solusi
1	Dipindahkan	Roda tetapi bisa dikunci
		Penyangga tanpa roda
2	Rangka ringan dipindahkan	Alluminium
3	Pelindung mesin menahan energi dari pecahan <i>velg</i>	Polycarbonate
		Acrylics

Cara untuk mengetahui jumlah alternatif konsep yang terbentuk adalah dengan mengalikan sub fungsi dari setiap dasar. Maka didapatkan alternatif konsepnya adalah $2 \times 1 \times 2 = 4$ alternatif atau kombinasi konsep.

6. Evaluasi Alternatif

Tahap ini merupakan tahap penentuan alternatif yang telah muncul pada *morphological chart*, sehingga dapat diperoleh suatu rancangan yang baik memenuhi tujuan perancangan. Tujuannya adalah untuk membandingkan nilai utilitas dari konsep alternatif berdasarkan pembobotan.

1. Konsep A

Fungsi Dasar	Alternatif
Dipindahkan	Roda tetapi bisa dikunci
Ringan dipindahkan	Alluminium
Pelindung mesin menahan energi dari pecahan <i>velg</i>	Polycarbonate

2. Konsep B

Fungsi Dasar	Alternatif
Dipindahkan	Penyangga tanpa roda
Ringan dipindahkan	Alluminium
Pelindung mesin menahan energi dari pecahan <i>velg</i>	Polycarbonate

3. Konsep C

Fungsi Dasar	Alternatif
Dipindahkan	Roda tetapi bisa dikunci
Ringan dipindahkan	Alluminium
Pelindung mesin menahan energi dari pecahan <i>velg</i>	Acrylics

4. Konsep D

Fungsi Dasar	Alternatif
Dipindahkan	Penyangga tanpa roda
Ringan dipindahkan	Alluminium
Pelindung mesin menahan energi dari pecahan <i>velg</i>	Acrylics

Tabel 7. Concept Screening

Tujuan Perbaikan	Konsep			
	A	B	C	D
Alat bantu pelindung mesin tidak menutupi <i>visual</i> pengujian terhadap proses pengujian	0	0	0	0
Alat bantu pelindung mesin dapat meredam tubrukan materi pecahan <i>velg</i> , sehingga tidak mencederai operator	+	+	0	0
Jumlah (+)	1	1	0	0
Jumlah (0)	1	1	1	2
Jumlah (-)	0	0	0	0
Nilai Akhir	1	1	0	0
Peringkat	1	1	2	2
Lanjutkan?	Yes	Yes	No	No

Setelah dilakukan proses penilaian pada *concept screening* didapatkan hasil terpilih adalah konsep A dan B karena memiliki nilai akhir tertinggi yaitu satu, berdasarkan *concept screening*, dengan peringkat nomor pertama, lebih baik dari dua konsep B dan D yang memiliki nilai akhir 0.

7. Concept Scoring

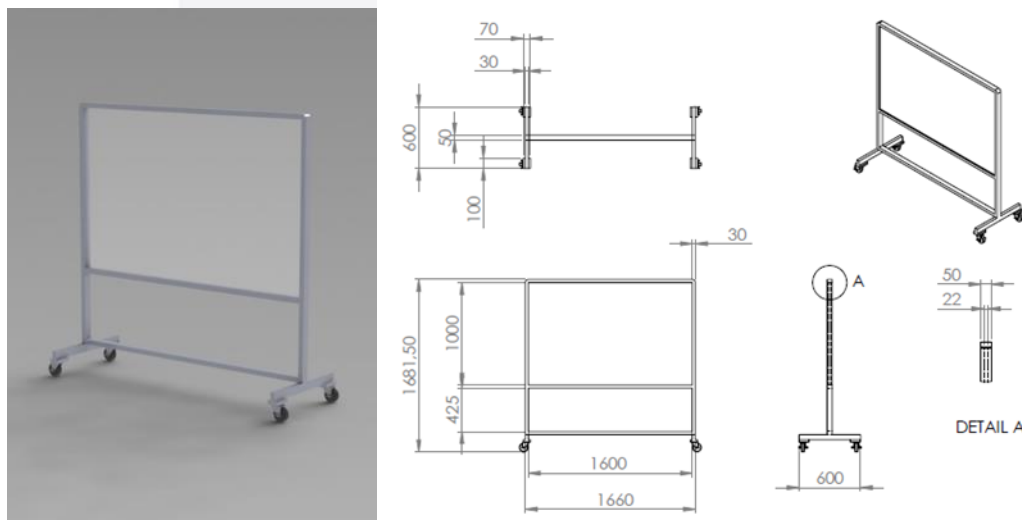
Concept scoring adalah tahap yang bertujuan untuk memilih satu konsep akhir yang akan dipilih sebagai konsep terbaik karena telah memenuhi kriteria seleksi dibandingkan konsep-konsep yang lain, dengan menggunakan bobot yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya

Tabel 8. *Concept Scoring*

Selection Criteria	Wieght	A		C	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Alat bantu pelindung mesin tidak menutupi <i>visual</i> penguji terhadap proses pengujian	44%	3	1.32	3	1.32
Alat bantu pelindung mesin dapat meredam tubrukan materi pecahan <i>velg</i> , sehingga tidak mencederai operator	56%	5	2.8	4	2.24
<i>Total Score</i>			4.12		3.56
<i>Rank</i>			1		2
<i>Continue?</i>			Yes		No.

Berdasarkan hasil dari *concept scoring*, konsep A memiliki peringkat nilai diatas konsep B, maka dari itu konsep A yang terpilih menjadi desain akhir dalam perancangan alat bantu pelindung mesin uji *shearing* ini. Alat ini dilengkapi dengan roda sehingga dapat dipindahkan, tetapi roda bisa dikunci pada saat melakukan proses pengujian. Rangka pelindung menggunakan material *aluminium*, dan menggunakan material *policarbonate* pada *body* utama alat pelindung tersebut.

3.3. Hasil Rancangan



Gambar 6. Dimensi Alat Pelindung Dalam Satuan mm

4. Kesimpulan

Rancangan usulan alat bantu pelindung pada mesin uji *shearing* dengan minimal ketebalan sebesar 2,2 cm, panjang 160 cm tinggi 100 cm, yang terbuat dari bahan *policarbonate* dapat meredam energi yang ditimbulkan dari terlemparnya pecahan *velg*, dan alat pelindung tidak mengalami pecah, sehingga operator aman. Terdapat penurunan nilai risiko. Penurunan nilai risiko bahaya dari nilai risiko 8 menjadi 6 dari *mitigasi* risiko yang di dilakukan, dalam situasi ini tetap administrasi dan penggunaan APD tetap harus dijalankan dan di *monitoring* dengan baik sesuai yang telah ditetapkan. Rancangan usulan alat bantu, tidak mengganggu dalam proses pengujian karena setelah akan mengamatinya di belakang alat pelindung ini dan dapat terlihat karena tembus pandang. Untuk mobilitas kerja, alat bantu pelindung ini tidak mengganggu karena didesain sedemikian rupa dengan *fixed mobile* sehingga dapat dipindahkan setelah pengujian. Operator merasa lebih aman dan terlindungi dari bahaya/risiko bila terjadi terlemparnya pecahan *vleg* walau kejadian ini tidak diinginkan, tetapi sudah mengantisipasi bahaya tersebut

Daftar Pustaka

- Ahmad, A. C., Zin, I. N. M., Othman, M. K., & Muhamad, N. H. (2016). Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Accidents at Power Plant. *MATEC Web of Conferences*, 66, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600105>
- Anwar, M. K., Setyaningrum, R., & Jazuli. (2017). *Perancangan Alat Pemotong Kue Yangko dengan Metode Rasional*. 01(01), 1–14.
- Ardi, R. (2017). *Usulan Rancangan Material Handling Equipment Ergonomis Proses Pemindahan Teh dari Mesin Diben (Penggilingan) ke Conveyor di Area Produksi di PT.Perkebunan Nusantara VIII dengan Metode Perancangan Produk Rasional*. Telkom University.
- B4T. (2013). Laboratorium Otomotif. Retrieved July 3, 2020, from <https://www.b4t.go.id/pelayanan-publik/fasilitas/laboratorium/laboratorium-otomotif/>
- Badan Standardisasi Nasional. *SNI 1896:2008 Pelek Kendaraan Bermotor Tipe M,N,O.*, (2008).
 Brito, G. T. (2015). Analisis Aspek Pembentuk Budaya K3 Dengan Kepatuhan Penggunaan Apd Pada Pekerja Produksi Resin Di Sidoarjo. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 4(2), 134. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v4i2.2015.134-143>
- E.P.Popov. (1993). *Mekanika Teknik* (2nd ed.). Jakarta: Erlangga.
 Gaspersz, V. (2013). *All-in-one (Bundle Of ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 22000, ISO 26000, ISO 28000, ISO 31000, ISO 130531 dan ISO 19011)*. Bogor: Tri-AI-Bros Publishing.
- Gunawan, & Waluyo, D. (2015). *Risk Based Behavioral Safety Membangun Kebersamaan Untuk Mewujudkan Keunggulan Operasi*. Jakarta: Gramedia.
- Hadipoetro, S. (2014). *Manajemen Komprehensif Keselamatan Kerja*. Jakarta: Yayasan Patra Tarbiyyah Nusantara.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2011). *Fundamentals Of Physics* (9th ed.). Jefferson: Wiley.
- Harsokoesoemo, H. D. (2004). *Pengantar Perancangan Teknik* (2nd ed.). Bandung: Penerbit ITB.
- International Organization for Standardization. *ISO 31000:2018 Risk Management Guidelines.*, (2018).
 International Organization for Standardization. *ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems Requirements with Guidance for Use.*, (2018).
- Kresnoadi. (2018). Fisika Kelas 10 Apa Perbedaan GLB dan GLBB? Retrieved August 29, 2020, from <https://blog.ruangguru.com/perbedaan-glb-dan-glbb>
- Kurnianingtyas, C. D., & Heryawan, T. (2018). Rancangan Alat Potong Kulit Bahan Baku Tas dengan Metode Rasional. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(2), 99. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i2.5755>
- Nurlita, S. (2019). *Perancangan Alat Bantu Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Dust Collector Menggunakan Metode Perancangan Produk Rasional (PT.XYZ)*. Telkom University.
- Palupi, M. S. (2019). *Analisis Pengendalian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri)*.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No.8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri.*, (2010).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Pemerintah No.50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.*, (2012).
- Persada, Y. B. (2015). Risk Assessment K3 Pada Proses Pengoperasian Scaffolding Pada Proyek Apartemen Pt. X Di Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 4(2), 199. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v4i2.2015.199-210>
- Sastranegara, A. (2009). Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam. Retrieved August 8, 2020, from <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>
- Sulaiman, F. (2017). Desain Produk : Rancangan Tempat Lilin Multifungsi Dengan Pendekatan 7 Langkah Nigel Cross. *Teknovasi*, 4(1), 32–41.
- Wijaya, A., Panjaitan, T. W. S., & Palit, H. C. (2015). Evaluasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja dengan Metode HIRARC pada PT. Charoen Pokphand Indonesia Albert. *Jurnal Titra*, 3(1).
- William D. Callister, J., & Rethwisch, D. G. (2014). *An Introduction Materials Science and Engineering*. Wiley.